

Auteurs

Elodie Giroux (maître de conférences en philosophie des sciences, Faculté de philosophie de l'université Jean-Moulin Lyon 3, Institut de Recherches Philosophiques de Lyon – EA 4187)

Martine Hours (médecin épidémiologiste, Directeur de Recherche, Unité Mixte de Recherche Epidémiologique et de Surveillance Transport Travail Environnement (UMRESTTE) UMR T9405 : Université Claude Bernard Lyon 1-Institut Français des Sciences et Technologies des Transports de l'Aménagement et des Réseaux (IFSTTAR)

Titre

La controverse santé-radiofréquences : la science face à l'incertitude et à la partialité

Résumé : La relation entre la santé et l'usage du téléphone mobile, et plus généralement, les radiofréquences, est depuis une dizaine d'années l'objet d'un très vif débat. Comme souvent, l'incertitude dans laquelle nous sommes sur les risques encourus par une exposition environnementale, dont les niveaux sont faibles mais omniprésents, fait le lit de cette controverse. L'évaluation du risque pour la santé est ici particulièrement complexe. Elle divise les experts scientifiques et les oppose aux associations. Adoptant un double point de vue historique et épistémologique, cet article montre que cette controverse est révélatrice de rapports complexes que nous entretenons avec l'incertitude face au risque environnemental. Il propose une analyse des tentatives de réponses institutionnelles et politiques apportées en France et met en évidence les modifications de l'expertise qui l'ont accompagnée. Nous défendons l'importance de renouveler notre regard sur les relations entre science et incertitude pour dépasser certaines impasses de ce genre de débats.

Mots clés : risques sanitaires, expertise, exposition environnementale, méthodes, incertitude

Summary: For around ten years now, the potential health risks of using mobile phone, and more generally of being exposed to radiofrequencies, has been a very controversial subject. The core of this debate is our insufficient knowledge concerning such low levels but widespread exposure to the electromagnetic spectrum emitted by telecommunication technologies. The analysis of the health risks from this kind of exposure is very complex; and it gives rise to opposition between the experts and activists, and even between experts themselves. In adopting both a historical and epistemological perspective, this paper shows that this controversy highlights the complexity and ambivalence of our way of dealing with the uncertainty of the environmental risk. The analysis of the institutional and political answers to this debate in France shows the shifts in expertise that follow from it. This paper argues the importance of reevaluating our view on the links between science and uncertainty in order to overcome some of the challenges which emerge from this kind of controversies.

Keywords : health risks, expertise, environmental exposure, methods, uncertainty

Introduction

La question de l'impact possible sur la santé des champs électromagnétiques, en particulier des radiofréquences¹[1], fait l'objet d'une intense controverse tant dans le monde scientifique que plus largement au niveau des sociétés occidentales[2-4]. Cette controverse, devenue emblématique en santé environnementale, oppose des experts issus de la recherche scientifique académique, qui considèrent majoritairement que les risques pour la santé sont plutôt faibles et ne requièrent pas de mesure particulière, à des associations, qui contestent ces résultats et considèrent que les risques sanitaires sont bien réels. La France est particulièrement touchée, ce qui a conduit ses autorités sanitaires à intervenir à travers diverses initiatives[5].

Notre objectif dans cette contribution n'est pas de réaliser l'historique détaillé de cette controverse ni d'apporter des éléments pour sa résolution, mais plutôt de proposer une explication de certaines impasses². Notre thèse est qu'elle est structurée par l'attitude radicalement divergente que les divers protagonistes adoptent face à l'incertitude, et le fait que des deux côtés, on tend à s'en tenir à une conception de la science comme hermétique voire contraire, à l'incertitude. Or la science contemporaine fait place à l'incertitude sans pour autant renoncer à l'objectivité.

Notre analyse, principalement de nature épistémologique, porte sur le statut du risque ici en jeu et les difficultés de la science pour l'évaluer (notre première partie), les divergences d'attitudes face à l'incertitude (deuxième partie), et les réponses institutionnelles des autorités sanitaires en France depuis la fin des années 1990 pour tenter de dépasser les oppositions (troisième partie). Au travers de ces analyses, nous montrerons que d'une part, cette controverse révèle les limites de nos outils scientifiques traditionnels face à ces risques sanitaires et, que d'autre part, elle interroge nos

¹ Les rayonnements électromagnétiques sont une forme de transport d'énergie sans support matériel. Ils peuvent être décrits par deux modèles physiques complémentaires, soit comme un flux de photons (modèle corpusculaire), soit comme une onde électromagnétique (modèle ondulatoire). On parle de radiofréquences pour l'ensemble des champs électromagnétiques non ionisants rayonnés à des fréquences comprises entre 9 kHz et 300 GHz

² Le sociologue M. Calvez a très bien montré combien la difficulté à aboutir à un accord est à comprendre à partir des divergences radicales dans la conception et la définition des risques et de l'expertise entre les experts et les activistes[6].

représentations classiques de la scientificité, en particulier l'idéal de certitude et une certaine conception de l'objectivité.

La science et l'évaluation des risques sanitaires liés aux radiofréquences

Une exposition universelle, permanente et invisible

La sociologie du risque a largement thématiqué la prolifération et la nouvelle nature des risques auxquels sont exposées nos sociétés contemporaines. Pour Ulrich Beck, nos sociétés contemporaines occidentales sont entièrement structurées par le rapport au risque, ce qui les oblige à se repenser radicalement elles-mêmes dans le cadre d'une « modernité réflexive »[7]. Dans son ouvrage *La société du risque*, devenu un classique de la sociologie du risque, il montre que si dans nos sociétés pré-industrielles ou industrielles les risques étaient localisés et limités dans le temps, dans nos sociétés post-industrielles ils sont invisibles, universels et très imbriqués.

Dans le cas de l'exposition à des champs électro-magnétiques (C.E.M.), on retrouve bien ces caractéristiques. Elle est difficilement détectable : ce sont des ondes invisibles et inodores. Par ailleurs, la diffusion des technologies des radiofréquences a été massive et rapide : en quelques années, la téléphonie mobile par exemple a conquis toutes les classes d'âge et tous les milieux. Elle s'est très vite rendue indispensable. Le téléphone est devenu un objet personnel qui fait d'une certaine façon rentrer l'individu et sa vie privée dans le domaine public. Il y a aussi la Wifi. Il semble que cette quasi-universalité de l'usage fait entrer cette exposition dans la catégorie des risques *choisis*, à partir du moment où l'on sait qu'il existe des effets nocifs possibles pour la santé. Mais, du fait des contraintes et influences sociales, professionnelles et tout bonnement relationnelles, c'est dans une mesure bien limitée que l'individu reste libre de cet usage : il est devenu difficile par exemple de ne pas être concerné par l'usage de technologies comme la téléphonie et la Wifi. Et la question est compliquée par le fait qu'il y a par ailleurs une exposition

considérée comme *subie* dans la mesure où pour fonctionner, les téléphones mobiles nécessitent des installations communes. En outre, les stations de base ont été souvent érigées très rapidement, en de multiples lieux, parfois de nuit. Cela a d'abord interloqué, du fait de cette apparition brutale dans le paysage, puis inquiété et enfin irrité les riverains confrontés à l'absence de réponse à leurs interrogations. L'exposition aux radiofréquences dépend donc de plusieurs sources et mêle confusément l'individuel et le collectif, le choisi et le subi. Cette multiplicité des sources d'exposition renforce la difficulté de son étude.

Par ailleurs, une autre spécificité de ce type de risques est le faible niveau de l'exposition qui contraste avec l'importance de sa durée. Ce n'est donc plus « la dose qui fait le poison » dans l'interprétation classique de l'adage de Paracelse qui a structuré un grand nombre des recherches en biologie et en médecine depuis longtemps. Mais ce pourrait être la durée ou la répétitivité de l'exposition à des doses très faibles, c'est-à-dire la dose cumulée, ou l'exposition à des moments clés du développement[8]. On ne connaît pas en outre la durée de latence entre l'exposition et la survenue d'éventuelles manifestations.

Une exposition difficile à mesurer

Les études biologiques et les études épidémiologiques sont les deux principales sources de connaissances sur les risques en santé environnementale. Or dans le domaine des radiofréquences, elles se heurtent à d'importantes difficultés aussi bien pour l'évaluation de l'exposition que celle des effets. La mesure de l'exposition est rendue d'autant plus complexe que ses sources sont multiples et très diverses et que les caractéristiques physiques des radiofréquences et leurs interactions avec la matière varient en fonction de la longueur de l'onde. De plus, cette exposition varie et évolue rapidement du fait du dynamisme et de l'innovation spectaculaires du secteur des télécommunications.

Plusieurs techniques de mesure sont utilisées qui diffèrent selon qu'on s'intéresse au champ proche (émetteurs portables) ou au champ lointain (émetteurs fixes et permanents). Dans ce dernier cas, la mesure peut être globale (sonde de détection isotrope large bande) ou sélective en fréquence (niveau évalué pour chaque type d'émetteur), ce qui est plus précis mais beaucoup plus coûteux et complexe. En champ proche, et dans le domaine des radiofréquences supérieures à 10 MHz, le paramètre de référence qui permet de quantifier la dissipation d'énergie dans la matière vivante est le Débit d'Absorption Spécifique (D.A.S.), c'est-à-dire la puissance absorbée par unité de masse de tissus exprimée en Watts par kilogramme (W/kg). Ce D.A.S. permet de caractériser l'exposition des tissus biologiques.

On peut mesurer physiquement le D.A.S. ou le calculer par *simulation* à partir de modèles numériques. Cette mesure, complexe et délicate, est réalisée en laboratoire sur des mannequins remplis d'un liquide homogène dont les propriétés d'absorption des ondes électromagnétiques sont proches de celles du corps humain. Avant tout établie dans un esprit de vérification de la conformité des terminaux aux valeurs limites réglementaires, la mesure du D.A.S. donne une évaluation *maximisante* de l'exposition. Se pose en outre le problème de l'extrapolation de ce qui est mesuré en laboratoire sur des mannequins (ou des animaux) à l'homme. D'inévitables biais interviennent ici.

Dans les études épidémiologiques, on utilise des mesures dites *approchées* pour estimer l'exposition individuelle, c.à.d. qu'on questionne les personnes sur leur usage des sources de radiofréquences (type d'usage, utilisation de l'oreillette, type d'appareils, durée des appels, etc.). Pour ce qui est de l'usage du téléphone mobile, il est aussi possible d'obtenir ces informations auprès des opérateurs de téléphonie mobile, ce qui permet d'obtenir un indicateur d'exposition peut-être plus objectif mais qui reste une mesure approchée de l'exposition puisque d'autres éléments essentiels seront seulement *estimés* (comme la puissance délivrée par exemple).

Incertitude sur la réalité et le niveau des effets sur la santé

Pour résumer très brièvement l'état actuel des connaissances, il est avéré qu'il y a des effets nocifs de l'exposition aux radiofréquences aux niveaux de puissance élevés : des études biologiques expérimentales ont montré des effets thermiques au niveau cellulaire qui peuvent entraîner une destruction des cellules. En revanche, les risques liés aux faibles doses d'exposition sont controversés : de nombreuses études expérimentales ne montrent pas d'effet. Quelques études mettent en évidence une possible altération de certains mécanismes cellulaires (perméabilisation de la barrière céphalique, par exemple) ou des effets sur l'animal[1], mais elles sont souvent rejetées par les scientifiques pour leur faiblesse méthodologique au lieu d'être considérées comme de simples études sentinelles. En épidémiologie, à côté des études alarmantes réalisées par un chercheur suédois, très contesté par ses pairs, d'autres grandes études (INTERPHONE[9, 10], Cohorte danoise[11]) ne permettent pas de trancher, car leurs résultats sont discutés à cause de la présence de biais (que ce soient des biais de sélection des sujets ou des biais de mémorisation de l'utilisation passée du téléphone mobile) ou d'un manque de recul dans le temps (études réalisées trop tôt compte-tenu de ce que l'on connaît du temps de latence avant de voir apparaître la maladie). Récemment, le Centre International de Recherche contre le Cancer (CIRC) a cependant classé les radiofréquences dans la classe 2B (cancérogène possible chez l'homme) en raison de nouveaux éléments issus de l'épidémiologie[12].

Une recherche basée sur des principes qui atteignent leurs limites

En biologie, plusieurs difficultés émergent. Il s'agit par exemple du nombre d'animaux généralement étudiés lorsque l'on travaille sur des risques faibles. Ceci détermine la puissance statistique, rarement interrogée. Un problème concerne par ailleurs la source de l'exposition : comme pour les fréquences extrêmement basses (ELF : CEM basse fréquence < 9 kHz), ce ne sont pas forcément et

uniquement les champs électromagnétiques eux-mêmes qui sont en cause mais d'autres phénomènes avec lesquels ils interagissent et qu'il faut débusquer.

En épidémiologie, la qualité des résultats des études dépend de la manière dont on parvient à évaluer avec rigueur l'exposition et l'effet. Dans le cas d'une étude cas-témoins, en plus des difficultés précédemment évoquées de la mesure de l'exposition, il est nécessaire d'avoir une bonne connaissance des effets qu'on étudie. Or les effets suspectés sont multiples et manquent de spécificité. On est alors conduit à une *certaine sélectivité*, plus ou moins arbitraire. Les études se sont concentrées sur les effets cancérigènes, en particulier sur le risque de développer une tumeur à la tête et au cou (zones les plus exposées lors de l'usage du téléphone mobile) ou une leucémie³. Il y a certes cet effet spécifique que serait l'« hypersensibilité électromagnétique » que la commission européenne en 1997 a reconnu et caractérisé comme « un état dans lequel des personnes se plaignent de symptômes subjectifs non-spécifiques dont ils attribuent la cause à une exposition à des champs électromagnétiques »⁴. Mais là aussi, il est difficile de caractériser les aspects cliniques précis d'un ensemble de symptômes (maux de tête, fatigue visuelle et générale, démangeaisons, sensations de brûlures ou d'érythèmes du visage) survenant, d'après ceux qui en souffrent, en présence de divers types d'équipements électriques (écran d'ordinateur, télévision, lampes, Wi-Fi, etc.). En effet, ces symptômes sont ressentis dans de très nombreuses affections[13].

La méthode de l'étude prospective de cohorte dans laquelle on compare des individus exposés à des individus non-exposés sur le long terme paraît plus adaptée que celle de l'étude cas-témoins. Elle permet de suivre dans le temps les effets de l'exposition sans s'enfermer dans des définitions trop restrictives et spécifiées des effets. Il est toutefois devenu particulièrement difficile aujourd'hui de constituer une population d'individus non-exposés ! Par ailleurs, le temps de latence est vraisemblablement trop long pour permettre l'observation d'effets sur la santé de technologies en

³ Les études biologiques, quant à elles, se sont intéressées principalement aux effets sur l'expression génique et la synthèse des protéines, sur le stress oxydant, sur l'intégrité de l'ADN, sur l'apoptose, sur le développement de cancers, sur le système immunitaire, sur le système nerveux, sur le développement, sur la reproduction, sur l'audition et le système oculaire, sur le système cardiovasculaire, sur la mélatonine.

⁴ <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs296/fr>

évolution permanente. De plus, le risque faible, actuellement évoqué, pose aussi la difficile question de la puissance statistique et de la détermination de la relation dose-effet.

L'étude INTERPHONE[9, 10], une étude internationale de type cas-témoin menée par le CIRC sur les relations entre exposition aux champs électromagnétiques émis par les téléphones mobiles et les tumeurs de la tête semble être allée au bout de la logique épidémiologique en se donnant les moyens par des études complémentaires de contrôler et d'analyser au mieux les multiples biais rencontrés (biais d'information, de sélection)[14-17] et leur impact sur le calcul de risque, et en essayant d'évaluer l'exposition réelle du tissu cérébral[18, 19].

Aussi, l'épidémiologie analytique qui, dans les années 1950-1960, s'est développée dans le contexte de la mise en évidence des facteurs de risque majeurs du cancer du poumon (tabac) et des maladies cardiovasculaires (hypertension, hypercholestérolémie, diabète, etc.)[20] est-elle ici confrontée à des difficultés méthodologiques nouvelles face à des risques beaucoup plus diffus et plus faibles. Nous ne voulons pas dire pour autant que cela révèle le manque de scientificité intrinsèque de l'épidémiologie[21] mais plutôt que les méthodes et critères d'inférence (en particulier, les critères de causalité de Bradford Hill) développés dans le cadre de cette épidémiologie doivent être affinés, voire modifiés, pour demeurer pertinents. L'épidémiologie reste à nos yeux la meilleure approche dont nous disposons actuellement pour évaluer les effets de ces expositions sur l'homme dans son contexte ordinaire de vie.

Aussi l'incertitude est-elle bien présente à propos des risques liés aux radiofréquences, qu'elle soit épistémique (liée aux limites de nos moyens actuels de connaissance) ou ontologique, c'est-à-dire liée à la nature même de l'objet d'étude d'une extrême variabilité et complexité.

Chercheurs académiques et associations : des attitudes opposées face à l'incertitude

Une recherche complexe assez confidentielle et la présomption d'innocence

Il convient de commencer par décrire le contexte des équipes de la recherche académique. Elles sont un petit nombre à travailler (moins d'une dizaine) essentiellement dans le domaine des études biologiques, depuis de nombreuses années sur le thème des relations entre santé et radiofréquences. Cela s'explique en partie parce que, nous l'avons vu, il s'agit d'une recherche difficile qui nécessite une mesure précise des doses de radiofréquences reçues (par les tissus biologiques, par les animaux d'expérience, par l'homme) et une maîtrise pointue des conditions d'expérimentation, d'une part, et une bonne évaluation des expositions des sujets participant aux études épidémiologiques, d'autre part. Le manque de visibilité à long terme des financements publics disponibles a également limité l'intérêt des équipes de recherche pour cette thématique. Ces équipes se connaissent bien et se retrouvent régulièrement lors des manifestations scientifiques, constituant ainsi une sorte de « club » spécialisé. Le risque alors de ce genre de recherche, comme dans toute situation de spécialisation, est celui de la fermeture et d'une focalisation sur l'étude de certains effets aux dépens d'autres. Par ailleurs, la recherche ainsi menée a été pendant longtemps dépendante des financements privés des industriels, dépendance qui sera la cible facile des associations et des défenseurs de l'impartialité scientifique[22].

Ces chercheurs ont tendu à se considérer comme les seuls détenteurs de la vraie science, négligeant dès lors l'apport potentiel d'autres études, menées à l'initiative d'associations qui expérimentaient de nouvelles pistes, jugées non scientifiques. Cette position de rejet n'est pas sans responsabilité dans le durcissement de l'opposition des associations. Mais la divergence fondamentale concerne l'attitude face à l'incertitude : la plupart des chercheurs académiques, et les autorités sanitaires qui s'appuient sur leurs avis, jugent généralement que tant que la culpabilité du suspect n'a pas été prouvée, il doit être considéré comme innocent. Par suite, aucune action ne s'impose. Ils s'appuient donc sur la règle de la présomption d'innocence[23]. Or c'est précisément négliger la part d'incertitude inhérente à l'absence de preuve dans cette situation. Ici les scientifiques commettent ce raccourci : de l'absence de preuve de risque, ils déduisent la preuve de l'absence de risque, et

effacent ainsi la part d'incertitude pourtant inhérente à la méthodologie et aux résultats de recherche. Ils oublient en outre la signification des tests statistiques qui, s'ils permettent de rejeter l'hypothèse nulle (absence de relation entre une exposition et une maladie) lorsqu'ils sont significatifs, en acceptant un certain risque d'erreur, ne permettent pas à l'inverse de l'accepter s'ils ne sont pas significatifs.

Par ailleurs, une conception *objectiviste* ou, plus précisément, *réaliste* du risque domine dans la plupart de ces recherches : le risque est appréhendé comme *une propriété de la technologie ou de l'activité* dangereuse, indépendante du sujet. Les procédures de quantification chosifient cette propriété physique. Un corrélat est qu'il y aurait une manière correcte d'estimer le risque : les représentations qui en divergent sont erronées et dépréciées. On distingue alors le « risque perçu » qui serait le risque subjectif des profanes, de ce qui serait le « risque réel » quantifié par les experts. Mais une telle conception néglige la nature intrinsèquement représentative et construite de la notion de risque et déconnecte complètement le risque du vécu et des acteurs. Or le risque, à la différence du danger, n'a pas d'existence indépendamment des procédures qui l'objectivent. Une réflexion sur l'ontologie du risque conduit à l'appréhender comme une représentation (ou mode d'appréhension) des événements plutôt que comme une propriété des choses, pour laquelle on préférera réserver le terme de danger. Une conception du risque comme *représentation* permet de revenir sur cette dichotomie trop simpliste entre ce qui serait, d'un côté, le risque objectif des experts et, de l'autre, le risque subjectif et perçu des profanes. Les travaux des psychologues sur la perception du risque mais aussi ceux des sociologues et des anthropologues ont mis en évidence que les représentations profanes du risque intègrent des valeurs, qui ne sont pas nécessairement irrationnelles, et ils livrent une vision plus globale de ce risque que les experts qui construisent leur représentation quantitative du risque en privilégiant telle ou telle dimension et en choisissant une unité de mesure aux dépens d'une autre[24]. Il ne s'agit pas ici de dire que toute représentation du risque se vaut mais de

questionner et peut-être démythifier l'idée d'un « risque réel » et la polarisation trop radicale entre le réel (vrai) et le perçu (faux) dans ce domaine.

Un public contestataire : présomption d'origine et principe de précaution

Les associations, se heurtant à des pouvoirs publics et des scientifiques qui n'écoutent pas les observations et le vécu des personnes, ont eu tendance à se développer sur un mode agressif et ont trouvé un relais médiatique efficace auprès d'une partie de la presse gourmande de sujets spectaculaires. Elles ont accueilli les scientifiques mis sur la touche par les « vrais » experts du champ académique comme des « martyrs de la cause ». Elles ont conduit leurs propres études épidémiologiques dans le cadre de ce que Phil Brown a baptisé « épidémiologie populaire »[25]⁵. En dépit de nombreuses critiques méthodologiques que l'on peut faire à beaucoup d'entre elles, il nous paraît excessif de juger qu'elles n'apportent aucune connaissance. C'est aussi négliger les succès qu'elles ont eus dans d'autres circonstances, par exemple celles concernant les sites pollués de Woburn (USA) ou de Love canal[23].

Cet élan contestataire prend place dans un contexte général de mise en question de l'impartialité et de la fiabilité de l'expertise scientifique. En effet, la plupart du temps, les recherches sont financées par les industriels qui y sont intéressés ; parfois, des liens plus spécifiques ont été dénoncés. Mais c'est aussi souvent le cas des études menées par les associations. La question de l'objectivité scientifique devient alors fondamentalement celle de l'indépendance de la recherche ou de l'expert⁶. Par ailleurs, les pouvoirs publics ont été critiqués pour leur gestion de plusieurs autres crises sanitaires (amiante, Tchernobyl, hormone de croissance, sang contaminé, etc.) qui ont fragilisé la position des experts qu'ils mandataient. Il leur a aussi été reproché le retard dans la mise en place de mesures de protection efficaces.

⁵ Voir par exemple pour les radiofréquences, l'enquête de l'ASEF (www.asef-asso.fr)

⁶ On peut distinguer au moins quatre principales nuances de signification pour la notion d'objectivité scientifique : indépendance vis-à-vis du sujet et de son jugement, neutralité (pas de présence de valeurs), impartialité (pas d'interférence d'intérêts), reproductibilité des résultats ou factualité.

Ce contexte a renforcé la demande sociale de protection contre des risques potentiels (et non avérés) et il aurait conduit à l'institutionnalisation du principe de précaution. À la différence des experts de la recherche académique, les associations considèrent qu'en l'absence de preuve décisive pour accuser ou disculper les radiofréquences, les indices qui les mettent en cause sont suffisants pour les considérer comme « coupables ». Comme l'écrivent Akrich, Barthe, et Rémy, « il s'agit alors d'adopter une attitude de précaution ou d'appliquer un principe de présomption d'origine [23] », l'inverse de la présomption d'innocence que privilégient la plupart des chercheurs académiques et les autorités sanitaires.

Mais là encore, comme dans l'attitude opposée, peu de place est faite à l'incertitude comme telle : les quelques données et indices recueillis sont considérés comme certains. Une illustration nous a été donnée lors du classement des radiofréquences en « cancérogènes possibles pour l'homme » par le CIRC qui a aussitôt abouti dans la bouche de certains experts comme une reconnaissance de fait du potentiel cancérogène. Or ce sont les méthodes et les recherches qui, jugées encore insuffisantes, doivent être poursuivies pour obtenir de meilleures preuves, qui ne seront peut-être jamais apportées[26].

Notons ici que dans sa demande renforcée de sécurité, la société ne renonce pas pour autant à ses exigences tout aussi fortes du côté du respect de la liberté individuelle, ce qui n'est pas sans soulever des tensions et difficultés nouvelles (Voir [24]) Aussi, l'opposition entre les chercheurs et les associations, notamment du fait de cette attitude diamétralement opposée vis-à-vis de l'incertitude, s'est-elle progressivement durcie. Elle reflète l'évolution complexe des rapports entre la science et la société. Mais l'impasse nous semble surtout liée au fait qu'ils partagent un même rejet de l'incertitude, lui-même fondé dans un idéal, et peut-être un mythe, de la science comme connaissance absolument certaine et neutre.

Évolution des formes d'expertise et vision renouvelée de la science

À la recherche d'une nouvelle forme d'expertise : un dialogue à construire

Face à l'agressivité grandissante des associations et des collectifs qui se multipliaient, l'État a cherché à permettre un dialogue en vue de la construction d'un consensus.

Les premières actions des pouvoirs publics, comme fréquemment, ont reposé sur la commande de rapports d'experts. Le Rapport Zmirou[27] en 2000, dans une situation où il est constaté qu'il n'existe pas de risque avéré mais une grande incertitude, préconise un périmètre de protection « sans antenne » autour des écoles et bâtiments sensibles. Le premier rapport de l'Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement (AFSSE) en 2003 conclut aussi, à partir d'une revue détaillée de la littérature scientifique, qu'il n'y a pas de risque avéré et constate que l'exclusion des périmètres autour des écoles favorise l'inquiétude des populations ; il préconise donc de ne plus laisser ces zones d'exclusion, ce qui attise les réactions hostiles des associations. En 2005, un deuxième rapport de l'Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail (AFSSET), qui a succédé à l'AFSSE, cristallise les revendications des associations qui, outre les conclusions, critiquent de façon très virulente la composition du groupe, accusant une partie des experts de ne pas être impartiaux. L'omniprésence de certains experts est pointée du doigt ; la contestation est d'une telle ampleur que l'Inspection Générale des Affaires Sociales (IGAS) a été diligentée et a reproché le manque de clarté et d'ouverture du choix des experts de cette commission. En 2009, un dernier rapport est délivré par l'AFSSET qui innove en intégrant dans le groupe de travail un observateur issu des associations et en faisant des recommandations de gestion dépassant ce que les experts avaient proposé[1] : cet avis et celui qui suit le rapport sur les ELF (mai 2010) ont conduit des scientifiques à écrire à une lettre ouverte à l'AFSSET dénonçant le « mépris » dans lequel auraient été tenus ceux qui avaient participé à ces groupes de travail. Or il s'agissait avant tout d'un dialogue insuffisant et d'une incompréhension des parties en présence, probablement dus à une absence de distinction claire entre l'analyse du risque et sa gestion. Notons que tout au long de cette période, une contestation très dure de l'action

publique par les associations a été menée, conduisant même à des menaces de mort par lettre anonyme à divers experts ou personnels administratifs.

Puis, cette critique de la partialité et de la dépendance des chercheurs vis-à-vis de l'industrie a conduit à la création en 2005 d'une Fondation de Recherche « indépendante », la Fondation Santé et Radiofréquences (FSR), destinée à couper le lien entre industriels et chercheurs en mettant en place un conseil scientifique indépendant du conseil d'administration pour ses décisions. La FSR a eu cependant un vice d'origine : d'une part, la présence des industriels au conseil d'administration, comme membres fondateurs, comme dans toutes les fondations de ce type bien que le seul pouvoir du conseil d'administration ait été de refuser le financement de telle ou telle étude, jugée scientifiquement pertinente par le conseil scientifique, et d'autre part un financement venant à moitié de l'État et à moitié des industriels. Dans la pratique, la séparation entre conseil scientifique et conseil d'administration a très bien fonctionné : une seule étude sélectionnée par le conseil scientifique n'a finalement pas été financée, car un chercheur de France Telecom était porteur du projet. À travers la FSR, consciente de l'impasse dans laquelle la situation se trouvait, plusieurs actions ont été menées pour assainir le climat :

- Mise en place de quatre programmes visant à diversifier les thématiques de recherche et à ouvrir le champ à de nouvelles équipes ;
- Ouverture du conseil scientifique et des programmes de recherche aux sciences humaines pour permettre de mieux comprendre ce qui se passait ;
- Animation de la recherche à travers des journées scientifiques, soit de discussion sur les projets financés, soit des colloques plus traditionnels ouverts aux associations ;
- Mise en place d'actions d'information du public (exposition itinérante, site internet, Foire aux Questions (FAQ)...) ;
- Volonté de créer un dialogue entre scientifiques et associations en créant une instance dans ce but.

L'intuition profonde des membres du conseil scientifique était que les associations au-delà de leurs revendications avaient une connaissance des questions de santé qui devait être prise en compte, car ouvrant de nouvelles pistes de recherche, et que ce dialogue devait permettre de réconcilier les scientifiques et les associations.

Malgré les avancées réalisées, cette fondation a focalisé les critiques, ce qui l'a conduite à disparaître à la fin de ses cinq ans d'existence légale.

C'est plus particulièrement dans le cadre du Grenelle des ondes que les citoyens ont fait leur entrée en scène. Ce dernier a permis de faire dialoguer dans un cadre formel les pouvoirs publics, les associations, considérées comme représentant les citoyens de base et les industriels (les scientifiques n'étant pas invités dans ce débat). Il a conduit à plusieurs décisions, notamment la mise en place de zones de tests des niveaux d'exposition liée aux antennes de station de base. D'autres démarches ont également été initiées par certains politiques visant à réintroduire le public dans la gestion de la critique : on peut citer par exemple, la conférence citoyenne mise en place par la mairie de Paris au printemps 2009, ou les rapports parlementaires avec leurs auditions publiques.

Puis, l'Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation, l'environnement et du travail (ANSES), agence qui a succédé à l'AFSSET, a pris le relai en 2010 de la FSR qu'elle avait par ailleurs soutenue au sein du Conseil d'administration de cette dernière. Son travail plus institutionnalisé s'inscrit dans son prolongement direct : reprise des programmes de recherche par financement d'appels à projets, reprise de l'idée du dialogue par la mise en place d'un Comité de dialogue, etc. L'ANSES fait un remarquable travail d'expertise dans les champs environnementaux et professionnels. Toutefois, à la suite des multiples crises qui ont secoué la santé publique dans son ensemble, elle se heurte de plus en plus aux exigences contradictoires de la société précédemment évoquées. En effet, la loi de décembre 2011 impose l'exigence d'impartialité et d'indépendance des chercheurs et experts vis-à-vis des financeurs de la recherche en particulier les financeurs privés, ce que souhaite la société dans son ensemble. Or ce désir très légitime d'indépendance se heurte à la

rareté de plus en plus grande de l'argent public destiné à la recherche et à la nécessité pour celle-ci d'aller chercher des financements privés. Aussi, est-il de plus en plus difficile de trouver des experts qui satisfassent aux nouveaux critères d'indépendance, au risque pour un sujet donné de ne plus disposer d'experts compétents dans le domaine. De même, les revues scientifiques qui exigent également une déclaration de totale indépendance voient se tarir les travaux de qualité à faire paraître.

Ouverture et dialogue n'ont pas toujours abouti, entravés par une vision de la science comme connaissance certaine. Ainsi, par exemple, l'application du principe de précaution, mesure relative à une situation d'incertitude, est interprétée comme une preuve de l'existence d'un danger véritable. Et il conduit à augmenter l'anxiété au lieu de simplement permettre une gestion consensuelle d'un risque. Dès lors, de nouvelles difficultés apparaissent qui accompagnent les nouvelles formes d'expertise et de dialogue entre les scientifiques, les responsables politiques et les élus, les industriels, le public et les médias. Il nous semble que c'est aussi du côté d'un renouvellement de notre appréhension de la science et de la scientificité, son objectivité et son rapport à la certitude, qu'il convient de nous tourner pour adopter une approche et une analyse plus ajustées des relations entre science, public et politique, entre analyse et gestion des risques.

Pour une autre vision de la science et de son rapport à l'incertitude

Des traits communs se dégagent de ces nouvelles formes d'expertise qui illustrent une conception de la scientificité moins tributaire de l'idéal cartésien de certitude et de raisonnement déductif⁷. Ceci semble correspondre à un changement dans la conception de la science et de son rapport à

⁷ Le raisonnement déductif part de prémisses vraies et conclut par déduction à partir d'éléments déjà contenus dans les prémisses. C'est un mode de raisonnement totalement *a priori* imposant une conclusion nécessaire et donc certaine. Il est à distinguer du raisonnement inductif qui, quant à lui, est ampliatif, c'est-à-dire qu'il conclut au-delà de ce qui est contenu dans les prémisses et ainsi sort de la certitude logique pour nous faire entrer dans le domaine du probable, dont on peut cependant évaluer le niveau. C'est ce mode de raisonnement qui domine dans les sciences empiriques.

l'incertain qui s'est progressivement opéré dans les sciences, et plus particulièrement dans la seconde partie du 20^e siècle.

En effet, premièrement, on a vu émerger une science réconciliée avec l'incertitude. Depuis le début du 20^{ème} siècle, l'incertitude y a acquis une place plus légitime. La philosophie contemporaine des sciences a contribué à interroger et modifier nos conceptions classiques de la scientificité et de la dynamique des sciences. Le modèle dominant a longtemps été un idéal de connaissance déductive et certaine, modèle issu des sciences formelles et deductives qu'on a cherché à transposer dans les sciences dites naturelles et inductives. Cette conception s'illustre le mieux dans le modèle laplacien de la connaissance qui se fonde dans l'affirmation d'un déterminisme universel des phénomènes[28]. Or ce modèle s'est trouvé écorné au sein même de la physique, la reine des sciences empiriques dans le cadre notamment de la physique quantique et du principe d'incertitude (ou théorème d'indétermination)⁸ énoncé par le physicien Heisenberg[29]. Au-delà des débats auxquels ce principe et la physique quantique donnent lieu, c'est surtout le raisonnement probabiliste ou raisonnement particulièrement adapté aux situations d'incertitude qui s'est développé au point qu'une certaine épistémologie probabiliste, ou modèle probabiliste de la connaissance scientifique, fait son chemin. Ce modèle prétend pouvoir mieux rendre compte du raisonnement inductif tout en incluant aux extrêmes le raisonnement déductif⁹[30]. Le raisonnement probabiliste et statistique introduit de profondes modifications dans le rapport à l'incertitude : il ne s'agit plus de ne retenir comme scientifiques que les résultats certains ou prouvés mais de parvenir à quantifier ou évaluer le degré de probabilité d'un résultat, de mesurer l'incertitude et de quantifier des risques d'erreur.

Deuxièmement, on observe des modifications dans notre rapport à l'objectivité. On admet assez couramment aujourd'hui en sociologie des sciences mais aussi en philosophie des sciences qu'il n'y a pas de science indépendante des valeurs contrairement à ce que défendait un certain idéal

⁸ Ce principe énonce que pour une particule massive donnée, on ne peut pas connaître simultanément sa position et sa vitesse. La question reste ouverte de savoir s'il s'agit d'une incertitude, c'est-à-dire d'une limite de notre connaissance ou d'une indétermination fondamentale du réel.

⁹ Voir supra, note 7.

positiviste, mais qu'il y a d'inévitables valeurs constitutives ou épistémiques (valeurs qui interviennent dans le choix des modèles, choix des sujets, des variables et données d'étude, choix des méthodes, etc.), et parfois même d'inévitables valeurs contextuelles (la culture, la politique de l'époque et de la société du scientifique). La question devient alors celle de la nature précise de ces valeurs et de la possibilité de les expliciter et de les contrôler, mais il semble vain de vouloir les supprimer[31]. Cette présence de valeurs n'est pas considérée comme étant nécessairement incompatible avec le maintien d'une certaine forme d'objectivité scientifique, notion qu'il convient alors de redéfinir[32].

Dans le cadre des initiatives institutionnelles liées à la controverse autour des radiofréquences, un des principaux fils directeurs a été la facilitation du dialogue avec le pari qu'il en sortira un consensus. On admet implicitement ici que l'objectivité de la recherche n'est pas donnée *a priori* et ne réside pas uniquement dans l'impartialité absolue des chercheurs ou dans l'absence totale de biais des études, deux formes d'objectivité probablement inaccessibles, mais résulte aussi du dialogue et de l'intersubjectivité[33]. Cette ouverture permet d'élargir les pistes et méthodes de recherche mais aussi de faire un pas de côté par rapport à l'enfermement dans une opposition stérile entre experts d'un côté et profanes de l'autre, entre risque réel et risque perçu.

Conclusion

Les défis restent grands et la controverse sur les radiofréquences comme sur de nombreux risques sanitaires n'est certainement pas close. Nous avons toutefois montré que les défis et ce genre de controverses sont proportionnels à l'attachement à une vision de la science comme connaissance certaine et impartiale du réel. Or cette vision est aujourd'hui questionnée par l'ensemble des études sur les sciences mais aussi par la science elle-même. Dans ce contexte, deux principales urgences se

font jour : celle d'une éducation à l'incertitude et celle d'un approfondissement et de la diffusion de la réflexion sur la nature de l'objectivité de la science.

Références

1. Comité d'Experts Spécialisés liés à l'évaluation des risques liés aux agents physiques aux nouvelles technologies et aux grands aménagements, Groupe de Travail Radiofréquences. *Mise à jour de l'expertise relative aux radiofréquences*. Maisons-Alfort: AFSSET; 2009.
2. AFSSET, OMS. *Instauration d'un dialogue sur les risques dus aux champs électromagnétiques*. France 2008.
3. Kundi M. Mobile phone use and cancer. *Occup Environ Med*. 2004; 61: 560-570.
4. Borraz O, Devigne M, Salomon D. *Controverses et mobilisations autour des antennes relais de téléphonie mobile*. Paris: Centre de Sociologie des Organisations; 2004.
5. Girard JF, Le Bouler S. Porter le débat sur les innovations technologiques: le cas de la téléphonie mobile. *Environ Risque Sante* 2010; 9: 483-488.
6. Calvez M. Complaints in environmental health and the construction of risk as cultural resource. *C R Physique* 2010; 11: 628-635.
7. Beck U. *La société du risque, Sur la voie d'une autre modernité*. Paris 2001.
8. Kundi M. Essential problems in the interpretation of epidemiologic evidence for an association between mobile phone use and brain tumours. *C R Physique* 2010; 11: 556-563.
9. The INTERPHONE Study Group. Brain tumour risk in relation to mobile telephone use: results of the INTERPHONE international case-control study. *Int J Epidemiol* 2010; 39: 675-694.
10. The INTERPHONE Study Group. Acoustic neuroma risk in relation to mobile telephone use: results of the INTERPHONE international case-control study. *Cancer Epidemiol* 2011; 35: 453-464.

11. Frei P, Poulsen AH, Johansen C, Olsen JH, Steding-Jessen M, Schüz J. Use of mobile phones and risk of brain tumours: update of Danish cohort study. *BMJ* 2011; 343: d6387
12. Baan R, Grosse Y, Lauby-Secretan B, El Ghissassi F, Bouvard V, Benbrahim-Tallaa L, Guha N, Islami F, Galichet L, Straif K, on behalf of the WHO International Agency for Research on Cancer Monograph Working Group. Carcinogenicity of radiofrequency electromagnetic fields. *Lancet Oncol* 2011; 12: 624-626.
13. Marc-Vergnes J-P. Electromagnetic hypersensitivity: the opinion of an observer neurologist. *C R Physique* 2010; 11: 654575.
14. Vrijheid M, Richardson L, Armstrong B, Auvinen A, Berg G, Carroll M, Chetrit A, Deltour I, Feychting M, Giles G, Hours M, Iavarone I, Lagorio S, Lonn S, McBride M, Parent M-E, Sadetzki S, Salminen T, Sanchez M, Schlehofer B, Schuz J, Siemiatycki J, Tynes T, Woodward A, Yamaguchi N, Cardis E. Quantifying the impact of selection bias caused by non-participation in a case-control study of mobile phone use. *Ann Epidemiol* 2009; 19 33-41.
15. Vrijheid M, Mann S, Vecchia P, Wiart J, Taki M, Ardoino L, Armstrong BK, Auvinen A, Bédard D, Berg-Beckhoff G, Brown J, Chetrit A, Collatz-Christensen HC, Combalot E, Cook A, Deltour I, Feychting M, Giles GG, Hepworth SJ, Hours M, Iavarone I, Johansen C, Krewski D, Kurttio P, Lagorio S, Lönn S, McBride M, Montestrucq L, Parslow R, Sadietzi S, Schüz J, Tynes T, Woodward A, Cardis E. Determinants of mobile phone output power in a multinational study - implications for exposure assessment. *Occup Environ Med.* 2009 *Occup Environ Med.*
16. Vrijheid M, Cardis E, Armstrong BK, Auvinen A, Berg G, Blaasaas KG, Brown J, Carroll M, Angela. C, Christensen HC, Deltour I, Feychting M, Giles GG, Hepworth SJ, Hours M, Iavarone I, Johansen C, Klæboe L, Kurttio P, Lagorio S, Lönn S, McKinney PA, Montestrucq L, Parslow RC, Richardson L, Sadetzki S, Salminen T, Schüz J, Tynes T, Woodward A, Group. ftIS. Validation of Short-Term Recall of Mobile Phone Use for the Interphone Study. *Occup Environ Med.* 2006; 63: 247-263.

17. Vrijheid M, Deltour I, Krewski D, Sanchez M, Cardis E. The effects of recall bias in epidemiologic studies of mobile phone use and cancer risk. *J Expo Sci Environ Epidemiol* 2006; 00: 1.14.
18. Cardis E, Deltour I, Mann SM, Moissonnier M, Taki M, Varsier N, Wake K, Wiart J. Distribution of RF energy emitted by mobile phones in anatomical structures of the brain. *Phys Med Biol* 2008; 53: 2771-2783.
19. Cardis E, Armstrong BK, Bowman JD, Giles GG, Hours M, Krewski D, McBride M, Parent ME, Sadetzki S, Woodward A, Brown J, Chetrit A, Figuerola J, Hoffmann C, Jarus-Hakak A, Montestrucq L, Nadon L, Richardson L, Villegas R, Vrijheid M. Risk of brain tumours in relation to estimated RF dose from mobile phones: results from five Interphone countries. *Occup Environ Med*. 2011; 68: 631-640.
20. Giroux E, (sous la direction). Contribution à l'histoire de l'épidémiologie des facteurs de risque *Rev Histoire Sciences* 2011; 64.
21. Taubes G, Mann CC. Epidemiology faces its limits. *Science* 1995; 269: 5221.
22. van Nierop LE, Rösli M, Egger M, Huss A. Source of funding in experimental studies of mobile phone use on health: update of a systematic review. *C R Physique* 2010; 11: 622-627.
23. Akrich M, Barthe Y, Rémy C. *Sur la piste environnementale. Menaces sanitaires et mobilisations profanes*. Paris: Presses des Mines; 2010.
24. Kermisch C. chapitre 2. In: Kermisch C, *Le concept de risque, De l'épistémologie à l'éthique*. Paris Lavoisier; 2011.
25. Braun P. Popular epidemiology challenges the system *Environment* 1993; 35: 16-41.
26. Salines G. De quelques malentendus en santé environnement. *Environ Risque Sante* 2010; 9: 99-101.
27. Zmirou D, Aubineau P, Bardou A, Goldberg M, de Sèze R, Veyret B, Dixsaut G. *Les téléphonies mobiles, leurs stations de base et la santé*. Paris: Ministère de la Santé et des sports; 2001.

28. Barberousse A, Kistler M, Ludwig P. La connaissance incertaine In, *La philosophie des sciences au XXe siècle*. Paris: Flammarion; 2000.
29. Gigerenzer G, Swijtink Z, Porter T, Daston L, Beatty J, Krüger L. *The Empire of Chance. How probability Changed Science and Everyday Life*. Cambridge: Cambridge University Press; 1990.
30. Howson C, Urbach PM. *Scientific Reasoning: The Bayesian Approach*, La Salle, Open Court, . La Salle (USA): Open Court; 2007.
31. Kincaid H, Dupré J, Wylie A, (ed). *Value-Free Science ? Ideals and illusions*. Oxford University Press (USA); 2007.
32. Longino HE. *Science as Social Knowledge: Values and Objectivity in Scientific Inquiry*. Princeton (USA): Princeton University Press; 1990.
33. Massé R. Expertises éthiques savantes et profanes en santé publique : défis et enjeux pour une éthique de la discussion. *Santé Publique* 2012; 24: 49-61.